

Aus der Chirurgischen Klinik mit Poliklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Prof. Dr. med. G. Hegemann

Die Bündelnagelung bei Kindern und Jugendlichen

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Doktorwürde

dem

Fachbereich Medizin

der

Friedrich-Alexander-Universität

Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von

GEBHARD KRAUS

aus Langquaid

D 29

1975

Gedruckt mit Erlaubnis des Fachbereichs Medizin der
Universität Erlangen - Nürnberg

Dekan: Prof. Dr. E. Rügheimer
Referent: Prof. Dr. H. Beck
Korefferent: Prof. Dr. G. Hegemann

Tag der mündlichen Prüfung: 17. Februar 1975

Sonderabdruck aus dem

ZENTRALBLATT FÜR CHIRURGIE

JOHANN AMBROSIOUS BARTH LEIPZIG

Printed in the German Democratic Republic

ZENTRALBLATT FÜR CHIRURGIE

Erscheint 14tägig, jährlich 26 Hefte. Bezugspreis vierteljährlich EVP 17,— M

Druck: Offizin Andersen Nexö, Leipzig

Zbl. Chir. 100 (1975) 466—472

Aus der Unfallchirurgischen Abteilung (Leiter: Prof. Dr. med. H. Beck)
 der Chirurgischen Klinik mit Poliklinik
 der Universität Erlangen-Nürnberg
 (Direktor: Prof. Dr. med. G. Hegemann)
 und der Chirurgischen Klinik mit Poliklinik der Universität Münster
 (Lehrstuhl für Allgemeinchirurgie)
 (Direktor: Prof. Dr. med. H. Bunte)

Operation der kindlichen Frakturen langer Röhrenknochen mit dem Bündelnagel nach Hackethal¹

Von E. Brug, H. Beck und G. Kraus

Mit 3 Abbildungen

Zusammenfassung: Es wird von 91 Bündelnagelungen kindlicher Röhrenknochen berichtet. Die Indikation zur Operation wird streng gestellt. Die Komplikationsquote ist gering, je 1,1 % Infektionen und Pseudarthrosen. Postoperatives Längenwachstum wurde unter einem allerdings nicht repräsentativen nachuntersuchten Kollektiv in jedem 2. Fall gesehen.

Biologische und biomechanische Besonderheiten der kindlichen Frakturen bestimmen das überwiegend konservative therapeutische Verhalten [2, 3, 5, 8, 11, 13, 14].

Überschießendes Längenwachstum, Infektionsgefahr und Wachstumsstörungen bei Epiphysenläsionen werden allgemein streng respektiert [4, 9, 11, 13, 14].

Rasche Bruchheilung und spontane Korrektur von Schaftfehlstellungen sind weitere Kriterien für die konservative Behandlung gerade der Schaftfrakturen der langen Röhrenknochen. Fehlstellungen der Gelenke und dadurch bedingte Spätschäden werden in der Literatur allerdings weniger wiedergespiegelt [7].

Bei uns ist zwar ebenfalls die konservative Behandlung der Schaftfrakturen das Vorgehen der ersten Wahl. Jedoch sehen wir eine Indikation zur operativen Fixation bei allen Frakturen, bei denen nach dem 2. Repositionsversuch eine mehr als spontan korrigierbare Dislokation resultiert, ferner bei offenen Frakturen, bei Mehrfachfrakturierungen bzw. Multitraumatisierten und bei Kindern, die nach schweren Schädel-Hirntraumen eine starke motorische Unruhe zeigen.

Die Entscheidung zur operativen Behandlung wird dabei umso leichter getroffen, je älter das verletzte Kind ist.

Ergänzend zu den allgemein angeführten Vorteilen [3, 7, 12] der operativen Behandlung — gutes Repositionsergebnis, Verhütung von frühen Arthrosen, Schonung des Bandapparats gerade bei Femurfrakturen, Pflegerleichterung, Reduzierung der erforderlichen Röntgenkontrollen, Verkürzung des stationären Aufenthalts usw. — möchten wir noch den von uns bevorzugten Methode selbst — der HACKETHALschen Bündelnagelung [6] — nennen.

Sie ist außerordentlich schonend und scheint uns wegen ihrer technischen Einfachheit eine berechnete, wenn nicht bessere Alternative zu anderen Markraumschienenverfahren, ganz besonders aber zur operativen externen Fixation, zu sein.

Methode [6]

Der in seinem Verlauf elastisch verformbare solide drehrunde Bündelnagel erlaubt ein Einschlagen desselben fernab der Epiphysen (Abb. 1).

Ein Aufbohren der Markhöhle bleibt dem jugendlichen Knochen erspart. Das Prinzip der elastischen Verklemmung wird vom Nagelbündel durch Schnürung am Einschlag-

¹ Krankengut der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen.

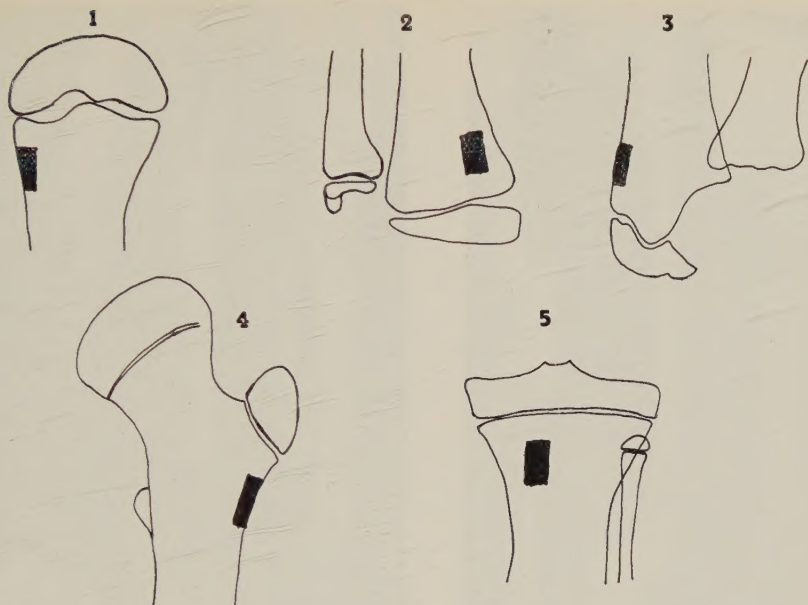


Abb. 1. Der elastisch verformbare Bündelnagel erlaubt ein Einschlagen fernab der Epiphysenfugen. Diesem Umstand kommt naturgemäß die meiste Bedeutung am Femur und an der Tibia zu

fenster und an der Taille, ferner durch „Verkeilung“, durch zusätzliche Kurznägel im konvergierenden Trichter erreicht.

Hinzu kommt die verspreizende Nagelung der Spongiosa, die beim jugendlichen Knochen viel härter und kompakter ist und somit eine zusätzliche Stabilisierung gewährleistet.

Die Nagelung erfolgt stets geschlossen und verläuft in 2 Phasen. Während der ersten unsterilen erfolgt die Reposition mit dem für die Methode – außer bei Unterarmbrüchen – unerlässlichen Viermastkran, der das Repositionsergebnis während der 2. Phase, der sterilen Nagelungsphase, unverrückbar aufrechterhält.

Die Nägel werden bis etwa 1 Querfinger an die distale Epiphyse vorgeschlagen (Abb. 2 und 3).

Entfernt werden sie zum frühest möglichen Zeitpunkt.

Krankengut von 1959 bis 1971

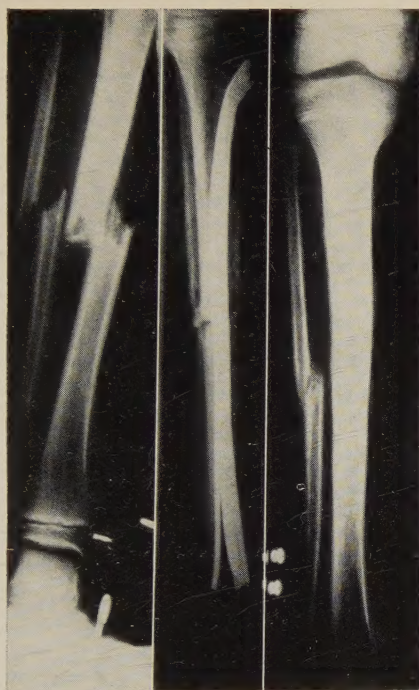
Bei 86 gelenkfernen fast ausschließlich Einspaltbrüchen langer Röhrenknochen Jugendlicher und Kinder unter 16 Jahren fand die Bündelnagelung bisher bei uns Anwendung.

Hinzu kommen 5 Bündelnagelungen aus anderer Indikation, Pseudarthrosen und Umstellungsosteotomien.

Allein 80% waren Frakturen der unteren Extremität (Tab. I), wovon % auf den Oberschenkel entfielen.

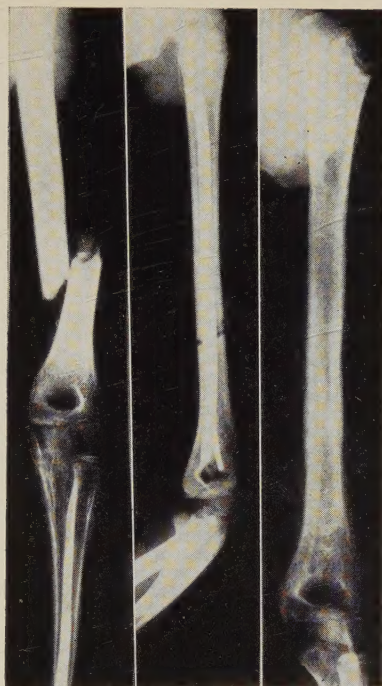
8mal nagelten wir Unterarmquerfrakturen und 5mal sahen wir eine Indikation für die Oberarmbündelnagelung.

Bei den Femurfrakturen fand sich eine ziemlich gleichmäßige Altersverteilung, während unter den Unterschenkelfrakturen allein 83% die Altersgruppe zwischen 13 und 16 Jahren betrafen.



a b c

Abb. 2



a b c

Abb. 3

Abb. 2. Unterschenkelquerfraktur. a) Unfallbild, b) nach Bündelnagelung, c) nach 9 Monaten. —
Abb. 3. Oberarmfraktur im 4. Sechstel. a) Unfallbild, b) nach Bündelnagelung, c) nach knapp 1 Jahr

Tabelle I. Aufteilung der 91 Bündelnagelungen nach Extremitätenteil und Indikation

	Oberschenkel	Unterschenkel	Oberarm	Unterarm
Unfall	42	30	5	8
Pseudarthrose	2	—	1	1
Fehlstellung	1	—	—	—
Pathologische Fraktur	1	—	—	—
	46	30	6	9

Frakturen der oberen Extremität nagelten wir mit 2 Ausnahmen erst im 2. Dezenium.

Unter den Unfallursachen überwogen bei Oberschenkelfrakturen Verkehrsunfälle (61%) deutlich, Sportunfälle wurden hier nicht registriert, dagegen unter den Unterschenkelfrakturen zu 37% — Verkehrsunfälle waren hier zu 50% zu finden.

Die Verteilung der Bruchlokalisation zeigt ein deutliches Überwiegen der Frakturen in Schaftmitte bei den Femurfrakturen. Unter den Tibiafrakturen überwogen gerade die Frakturen im divergierenden Trichter (80% allein im 4. und 4./5. Sechstel) (Tab. II und III).

Nur jeder 10. Bruch war offen.

Tabelle II. Bei den Frakturen des Oberschenkels überwiegen Querfrakturen und kurze Schrägbrüche, die vorwiegend in Schaftmitte lokalisiert sind

Sechstel	Femurfrakturen					Sonstige	Summe
	Quer	Schräg	Dreh	Stück	Trümmer		
1	—	—	—	—	—	1 _a (0)	1
2	4 (0)	3 (0)	—	—	—	—	7 (0)
2,3	1 (0)	2 (0)	—	—	—	—	3 (0)
3	9 (0)	3 (0)	—	1 (1)	—	4 _b (0)	13 (1)
3,4	1 (0)	3 (1)	—	1 (0)	—	—	5 (1)
4	8 (0)	3 (1)	—	—	—	1 _c (0)	12 (1)
4,5	—	1 (0)	1 (0)	—	—	—	2 (0)
5	1 (0)	1 (1)	—	—	—	—	2 (1)
Summe	24 (0)	16 (3)	1 (0)	2 (1)	—	3 (0)	46 (4)

Tabelle III. Bei den Tibiafrakturen findet sich ein Überwiegen von Quer- und kurzen Schrägbrüchen im divergierenden Trichter

Sechstel	Tibiafrakturen					Sonstige	Summe
	Quer	Schräg	Dreh	Stück	Trümmer		
1	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—
3	2 (3)	2 (0)	—	—	—	—	—
3,4	—	1 (0)	—	1 (0)	—	—	2 (0)
4	7 (1)	4 (1)	1 (1)	—	—	—	12 (3)
4,5	4 (1)	3 (0)	3 (0)	2 (0)	—	1 _a (0)	12 (1)
5	—	—	—	—	—	—	—
Summe	13 (1)	10 (1)	4 (1)	3 (0)	—	1 (0)	30 (4)

85% aller Frakturen waren solitäre Frakturen, der Rest fand sich bei Multitraumatisierten mit mehreren Brüchen.

Bei 30% der Brüche war eine konservative Behandlung primär angestrebt worden und wegen unbefriedigender Ergebnisse zugunsten der Bündelnagelung verlassen worden.

Bei Oberschenkelfrakturen wurden einschließlich Verkeilungsnägel durchschnittlich 5,1 Makronägel vom Durchmesser 3 mm verwendet. Bei Frakturen im Kleinkindesalter wurden den 2 mm im Durchmesser messenden Mikronägeln der Vorzug gegeben. Hier wurden durchschnittlich 5,3 Nägel verwendet. Bei den Tibiafrakturen fand sich ein ähnliches Verhalten (6,2 Makro- und 5,1 Mikronägel). Für die Humerusfrakturen wurden 4,1 Makronägel und für die Unterarmfrakturen pro Knochen je 3 Makro- bzw. Mikronägel im Durchschnitt verwendet.

Bei Oberschenkelfrakturen konnte in 85% Übungsstabilität erzielt werden, bei Unterschenkelfrakturen in allen Fällen, bei den Humerusfrakturen bei 5 von 6 und bei Unterarmfrakturen bei 7 von 8 vorgenommenen Nagelungen.

Bei den nicht übungsstabil versorgten Frakturen waren stabilisierende Zusatzmaßnahmen erforderlich. Es war entweder primär keine stabile Nagelung angestrebt worden, dies z. B. bei Kleinstkindern, oder konnte infolge der Bruchbeschaffenheit nicht erzielt werden.

In allen anlässlich der Nagelentfernung nachuntersuchten Fällen instabil genagelter Frakturen war es zu regelrechter Frakturheilung gekommen. (Nur 3 Kinder konnten nicht nachuntersucht werden.)

Die durchschnittliche Operationsdauer betrug für Oberschenkel- und Oberarmfrakturen je 1 Stunde, für Unterschenkelfrakturen 55 Minuten, für Unterarmfrakturen (Radius und Ulna) 50 Minuten.

Multitraumatisierte nicht berücksichtigend, errechneten wir für den stationären Aufenthalt eine durchschnittliche Dauer von 16,3 für Oberschenkelfrakturen und 10,7 Tage für Unterschenkelfrakturen.

Die eingeschlagenen Nägel haben wir bei Oberschenkelfrakturen im Durchschnitt nach 6,9 Monaten, bei Unterschenkelfrakturen nach 8,7 Monaten, bei Oberarmfrakturen nach 8,3 und bei Unterarmfrakturen nach 6,1 Monaten wieder entfernt.

Komplikationen

Je einmal (1,1%) war es nach insgesamt 91 Bündelnagelungen kindlicher Röhrenknochen zu einer Pseudarthrose bzw. Osteomyelitis gekommen. Ebenfalls einmal resultierte eine nicht tolerierbare Fehlstellung. 2mal (2,2%) kam es zu Nagellokomotion. Am häufigsten waren lokale Wundheilungsstörungen, bedingt durch Fadenfisteln oder Hautschädigungen beim Nagelungsmanöver (6,6%) (Tab. IV).

Tabelle IV. Komplikationen nach 41 Bündelnagelungen bei Kindern

Komplikationen	Oberschenkel	Unterschenkel	Oberarm	Unterarm	Davon offene Frakturen	Davon Pseudarthrosen
Wundheilungsstörung, Fadenfisteln	2	4	—	—	2	1
Auswandernde Bündelnägel	—	2	—	—	—	—
Pseudarthrosen	1	—	—	—	—	—
Osteomyelitis	—	1	—	—	—	—
Fehlstellung	—	1	—	—	—	—

Nachuntersuchung

Um Spätkomplikationen, insbesondere überschießendes Längenwachstum oder Funktionseinbuße der Gelenke zu erfassen, haben wir 2 Jahre nach der letzten hier statistisch erfaßten Nagelung eine Fragebogenaktion durchgeführt und die Patienten zu einer Nachuntersuchung bestellt.

Nur 14,3% der operierten Frakturen waren einer objektiven Messung zugänglich. (43,6% der Patienten reagierten brieflich. Die restlichen % waren teils postalisch nicht mehr erreichbar oder reagierten auf unsere Aufforderung nicht.) Es handelte sich 4mal um eine Oberschenkel- und 3mal um eine Unterschenkelfraktur. Bei 3 Nachuntersuchten lag eine gleichseitige Ober- und Unterschenkelfraktur vor.

An einem der doppelt Frakturierten waren Gelenkfunktion und Beinlänge seiten- gleich.

Beim 2. fand sich eine Verkürzung des Unterschenkels von 1 cm.

Beim 3. eine Verkürzung des Oberschenkels um 3 cm.

Bei beiden letzten wurden geringgradige Funktionsminderungen im Hüft- und Knie- bzw. Knie- und oberen Sprunggelenk registriert.

Von den 4 solitären Oberschenkelfrakturen waren 2 funktions- und längenmäßig normal, 2 wiesen eine Verlängerung von 2 cm auf bei normaler Gelenkfunktion und normalem Gangbild in einem und angedeutetem Hinken im anderen Fall.

Von den 3 solitären Unterschenkelfrakturen zeigten ebenfalls 2 hinsichtlich Funktion und Länge ein einwandfreies Spätergebnis, einer jedoch — nach einer durchgemachten postoperativen Osteomyelitis — eine Verlängerung von 1 cm bei gering eingeschränkter Beweglichkeit des oberen Sprunggelenks.

Aus Briefantworten ging hervor, daß 5 von 15 Kindern, bei denen eine Oberschenkel-fraktur genagelt worden war, hinken, aber nur einer von 12 genagelten Unterschenkel-frakturen.

Bei diesen wurden von den Eltern und den Patienten selbst eine Längendifferenz im Sinne einer Verlängerung des operierten Beines angegeben. In einem Fall wurde eine Verkürzung angegeben.

Diskussion

Indikation

Selbst die jüngsten Publikationen, die die Frakturen des jugendlichen Knochens zum Inhalt haben, reden vorwiegend der konservativen Behandlung das Wort [1, 2, 4, 5, 8]. Boettcher und Palau [1] bezeichnen gerade die Nagelung der kindlichen Unterschenkel-frakturen „als therapeutischen Irrweg“, sehen aber vertretbare Indikationsstellungen, die mit unseren eingangs formulierten in etwa konform gehen.

Von Rehbein und Hofmann [9] wurden etwa $\frac{1}{4}$ aller Oberschenkel-frakturen mittels Marknagelung stabilisiert. Ein ähnliches Verhalten in der Indikation für die Oberschenkel-frakturen wird von Teutsch [10] angegeben; er konnte aber nach Küntscher-Nagelung „keine Vorteile klinischer oder ökonomischer Art“ sehen, wie sie von Daume und Mitarb. [3] und Vinz [12] zur Diskussion gestellt werden.

Methode

Wir sehen gerade bei den schlecht reponiblen Frakturen und den Frakturen motorisch sehr unruhiger Kinder die Vorteile der guten Reposition und der übungs- bzw. „pflege-stabilen“ Fixation, aber auch den Vorteil der Pflegeerleichterung der Multitraumatisierten. Von Drömer und Penndorf [4] wird der jeweiligen Fixationsmethode eine „untergeordnete Bedeutung“ zugeschrieben. Wir teilen diese Ansicht nicht. Es ist nicht unwesentlich, ob eine Fraktur genagelt oder mit dem Rush pin gestiftet wird oder gar mit Platte fixiert wird.

Wenn die Operation indiziert ist oder ihr, aus welchen Gründen auch immer, der Vorzug gegeben wird, sollte auf möglichst wenig traumatisierende Weise ein möglichst hoher Grad an Stabilität erzielt werden.

Wir sehen diese Forderung von der Bündelnagelung weitgehend erfüllt:

1. Proximale Epiphysenfugen am Trochanter major bzw. Tibiakopf werden beim Einschlagen nicht tangiert.
2. Übungsstabilität wird ohne Aufbohren der Markraumkompakta erzielt.
3. Voll-apparative Reposition erspart die Frakturöffnung.
4. Die physiologische Antekurve des Oberschenkels bleibt gewahrt und wird nicht wie durch den starren Marknagel begradigt.

Komplikationen

Die Gefahr der Infektion wird allgemein überschätzt.

Wir mußten bei 91 Nagelungen eine Osteomyelitis hinnehmen, Rehbein und Hofmann sahen unter 57 keine [9]. Auch andere Autoren [3, 11] bestätigen das seltene Vorkommen der Infektion bei genagelten jugendlichen Knochen, das wohl in der stärkeren Vaskularisierung der Knochen seine Erklärung findet. Fettembolien sahen wir keine. Jedoch resultierte eine Pseudarthrose.

Längenwachstum

Das von allen Autoren beschriebene Phänomen des überschießenden posttraumatischen Längenwachstums sahen wir ebenfalls, aber auch nur durchschnittlich bei jedem Zweiten. Nachuntersuchungen anderer Autoren mit größeren Kollektiven gerade konservativ behandelter Kinder zeigen dies im gleichen Maße [3, 8, 10].

Die objektiv nachweisbare Verlängerung kam häufig im Gangbild gar nicht oder nur gering zum Ausdruck, dies sicher zu Lasten einer mit der Zeit nicht ausbleibenden Skoliose der Wirbelsäule und früher deformierender Arthrosen.

Von Hackethal [7] wiederum wird das Problem des länger oder zu lang gewordenen Knochens zu mechanistisch gesehen: der Schuhausgleich scheint uns keine befriedigende Lösung zu sein.

Nachteile der Bündelnagelung

Nicht unerwähnt soll die Strahlenbelastung bleiben, die sicher beim die Methode nur sporadisch Praktizierenden für den Patienten größer ist, als bei einem eingespielten und die Methode beherrschenden Team.

In diesem Fall ist die Röntgenstrahlenbelastung sicher nicht erheblicher als während anderer Marknagelungen.

Wir sehen auch immer wieder metallotischen Detritus bei der Nagelentfernung. Eine nachteilige Wirkung ist uns noch nicht bekannt geworden.

Sicher wurden in allen Fällen die Nägel zu lange belassen. Sie sollten zum frühest möglichen Zeitpunkt entfernt werden.

Alles in allem glauben wir, mit der Bündelnagelung der kindlichen Fraktur ein schonendes und wirksames Osteosyntheseverfahren in der Hand zu haben, wenn die Indikation zur Operation gegeben ist.

Schrifttum

1. Boettcher, I., und V. Palau: Beitrag zur operativen Behandlung kindlicher Frakturen. Zbl. Chir. 97 (1972) 1385–1391.
2. Dameron, Th. B., und H. A. Thompson: Femoral-Shaft Fractures in Children. Treatment by Closed Reduction and Double Spica Cast Immobilization. J. Bone Jt Surg. 41 A (1959) 1201–1212.
3. Daum, R., E. Metzger, J. Kürschner und W. Ch. Hecker: Analyse und Spätergebnisse kindlicher Femurschaftfrakturen. Gegenüberstellung der konservativen und operativen Therapie. Arch. orthop. Unfallchir. 66 (1969) 18–29.
4. Drömer, H., und H. Penndorf: Der Oberschenkelbruch im Kindesalter. Ergebnisse einer mehrjährigen Verlaufsbeobachtung. Chirurg 38 (1966) 285–290.
5. Ehalt, D.: Wie unterscheiden sich die Knochenbrüche bei Kindern von denen der Erwachsenen? Langenbecks Arch. klin. Chir. 289 (1958) 391–394.
6. Hackethal, K. H.: Die Bündelnagelung. Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1961.
7. Hackethal, K. H.: Vollapparative geschlossene Frakturposition und percutane Markraum-Schienung bei Kindern. Langenbecks Arch. klin. Chir. 304 (1963) 621–626.
8. Hupfauer, W., und J. Balau: Die konservative Behandlung kindlicher Oberschenkelfrakturen und ihre Ergebnisse. Mschr. Unfallheilk. 74 (1971) 441–456.
9. Rehbein, F., und S. Hofmann, Knochenverletzungen im Kindesalter. Langenbecks Arch. klin. Chir. 304 (1963) 539–562.
10. Teutsch, W.: Nachuntersuchungsergebnisse kindlicher Femurschaftfrakturen. Zbl. Chir. 52 (1969) 1761–1770.
11. Vinz, H.: Operative Behandlung von Knochenbrüchen bei Kindern. Zbl. Chir. 97 (1972) 1377–1389.
12. Vinz, H.: Marknagelung kindlicher Oberschenkelchaftfrakturen. Zbl. Chir. 97 (1972) 90–95.
13. Weber, B. G.: Zur Behandlung kindlicher Femurschaftbrüche. Arch. orthop. Unfallchir. 54 (1963) 713–721.
14. Weber, B. G.: Indikation zur operativen Frakturbehandlung bei Kindern. Chirurg 10 (1967) 441 bis 444.

Anschr. d. Verf.: Dr. med. E. Brug, Chirurgische Universitätsklinik,

BRD-44 Münster/Westf., Jungblodtplatz 1;

Prof. Dr. med. H. Beck und Dr. med. G. Kraus, Chirurgische Universitätsklinik,
BRD-852 Erlangen, Krankenhausstr. 12

Schlüsselwörter:

Bündelnagelung. — Frakturen, kindliche. — Längenwachstum, überschießendes. — Komplikationen. — Ergebnisse.

LEBENS LAUF

Angaben zur Person

Name	Kraus Gebhard
Geburtstag und -ort	20. 11. 1946 Langquaid/Ndb.
Staatsangehörigkeit	Deutsch

Schulbildung

1953 - 1958	Volksschule in Langquaid und Schwabach
1958 - 1967	Humanistisches Gymnasium Schwabach
1967	Abitur

Militär

1967 - 1969	in Ulm-Kempten Fürstenfeldbruck
-------------	------------------------------------

Universität

SS 1969 - SS 1971	Universität Kiel zuerst Studium der Naturwissenschaften
ab WS 1969/1970	Studium der Medizin
nach SS 1971	Physikum in Kiel
WS 1971/1972	Universität Wien/ Österreich
seit SS 1972	Universität Erlangen
28. 1. 1975	Staatsexamen in Erlangen

Dem Direktor der Universitätsklinik Erlangen, Herrn Prof. Dr. med. G. Hegemann danke ich dafür, daß ich meine Untersuchungen in seiner Klinik durchführen durfte.

Herrn Prof. Dr. med. H. Beck und Herrn Dr. med. E. Brug danke ich für die Überlassung des Themas und für wertvolle Anregungen.

